

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 04 405.1

**Anmeldetag:** 01. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** HILTI Aktiengesellschaft,  
Schaan/LI

**Bezeichnung:** Vorschubgeregelte Kernbohrmaschine

**IPC:** E 21 B, E 02 B, E 03 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Faust'.

Faust

Hilti Aktiengesellschaft in Schaan  
Fürstentum Liechtenstein

5

Vorschubgeregelte Kernbohrmaschine

Die Erfindung bezeichnet eine vorschubgeregelte Kernbohrmaschine, insbesondere eine ständergeführte Diamantkernbohrmaschine für armierten Beton, und ein zugeordnetes Regelverfahren.

Beim Kernbohren von Gestein dringen ultraharte Schneiden oder Diamanten der Kernbohrkrone geringfügig in den Untergrund ein und tragen ihn abrasiv ab. Die dazu untergrundspezifisch notwendigen hohen Drehmomente und Vorschubkräfte werden üblicherweise gegen einen Maschinenständer aufgebracht, der fest mit dem Untergrund verbunden ist. Erfolgt die Steuerung des Vorschubs üblicherweise über ein Hebelrad manuell durch den Nutzer, ist eine untergrundspezifisch optimale Eindringtiefe der Schneiden nicht gewährleistet, wodurch es neben einer verringerten Bohrleistung insbesondere zu einem vorzeitigen Verschleiss der Schneiden kommt.

Nach der DE19807899 ist eine adaptive Vorschubregelung für eine ständergeführte Diamantkernbohrmaschine bekannt, welche über einen PID-Regler in Abhängigkeit der Stromaufnahme des Elektromotors bzw. des damit im Wesentlichen eindeutigen Drehmoments den Vorschub regelt. Bei einer derartigen leistungsbasierten Regelung steht folglich nur ein maximales Drehmoment bei einer, durch die Getriebeuntersetzung vorgegebenen, konstanten Drehzahl zur Verfügung. Änderungen des Untergrunds, insbesondere Armierungseisentreffer, führen somit notwendig zu nichtoptimalen Drehmoment / Drehzahl - Paarungen.

Zudem weist nach der US4618805 eine Bohrmaschine einen Elektromotor mit einer Motorsteuerung auf, welche auf der Motorkennlinie maximaler Leistung für verschiedene Arbeitspunkte unabhängig voneinander voreinstellbar und zwischen diesen Arbeitspunkten elektronisch umschaltbar ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Realisierung einer vorschubgeregelten Kernbohrmaschine und eines zugeordneten Regelverfahrens, welches ohne Unterbrechung des Bohrprozesses auf Änderungen des Untergrunds durch jeweils optimale Drehmoment / Drehzahl - Paarungen reagiert.

Die Aufgabe wird im Wesentlichen durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhaft Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Im Wesentlichen weist eine Kernbohrmaschine einen Elektromotor zum drehenden Antrieb einer Kernbohrkrone mit axial zu einem Werkstück orientierten Schneiden, ein Vorschubmittel zu Erzeugung des Vorschubs der Kernbohrkrone gegen das Werkstück und einen Regler zur Regelung entsprechend eines mit einem Sensor erfassten ersten, zur elektrischen Leistungsaufnahme bzw. dem Drehmoment eineindeutigen, Regelparameters auf, wobei zusätzlich ein Kraftsensor zur Erfassung der Anpresskraft der Kernbohrkrone als zweiten Regelparameter mit dem Regler verbunden ist.

- 10 Mit der zusätzlichen Erfassung der, vorteilhaft über die Stromaufnahme des Vorschubmotors ermittelten, Anpresskraft als zweitem Regelparameter lässt sich in Kombination mit dem der Leistungsaufnahme bzw. dem Drehmoment eineindeutigen ersten Regelparameter ein untergrundspezifischer Reibungskoeffizient, welcher die mikrophysikalische Abrasion der Schneiden unmittelbar beschreibt, ermitteln und dieser als Regelparameter für die Regelung des Vorschubs der Kernbohrkrone verwenden.

Es lässt sich zeigen, dass der untergrundspezifischer Reibungskoeffizientallgemein aus einer gemessenen Leistungsaufnahme bzw. dem abgegebenen Drehmoment und einer Normalkraft berechnet werden kann.

- 20 Vorteilhaft ist der Kraftsensor als Piezokraftsensor ausgebildet und weiter vorteilhaft in einem Axiallagerbereich der Antriebswelle angeordnet, wodurch die Normalkraft unmittelbar in der Kernbohrmaschine messbar ist.

Alternativ vorteilhaft ist der Kraftsensor als Leistungssensor (bspw. Stromsensor oder Drehmomentsensor) des Vorschubmittels bspw. Vorschubmotors ausgebildet, wodurch die Normalkraft mittelbar im Vorschubmittel messbar ist.

- 25 Vorteilhaft ist der Regler als Mikrocontroller ausgebildet, wodurch der als Regelparameter benutzte Reibungskoeffizient numerisch und somit driftfrei berechenbar ist.

- Vorteilhaft ist der Regler mit einem Eingabemittel (bspw. einer Tastatur oder einem Wahlschalter) für den Radius der Bohrkrone verbunden, weiter vorteilhaft mit einem Transponder, welcher ein Identifikationsmittel an der Kernbohrkrone abfragt, wodurch die Regelung spezifisch für den realen Bohrkronendurchmesser erfolgt.
- 30

Vorteilhaft sind im Regler zu zumindest zwei verschiedenen Reibungskoeffizienten jeweils unterschiedliche Drehmomente bzw. Drehzahlen zugeordnet, wodurch der Vorschub der Kernbohrkrone in Abhängigkeit vom detektierten Untergrund geregelt und somit adaptiv an den jeweiligen Untergrund angepasst wird.

- 5 Vorteilhaft ist der Elektromotor mit einer, mit dem Regler im Vorschubmittel steuerbar verbundenen, Motorsteuerung verbunden, die zumindest zwei verschiedene Arbeitspunkte des Elektromotors, welche weiter vorteilhaft auf der Motorkennlinie maximaler Leistung liegen, elektronisch schalten kann, wodurch der Elektromotor mit der Motorsteuerung ein elektronisches Getriebe realisiert, welches vom Regler steuerbar ist. Insbesondere sind als
- 10 Elektromotoren frequenzumrichter gespeiste Asynchronmaschinen mit grossem Feldschwächebereich geeignet.



- Vorteilhaft sind im Regler zu zumindest zwei verschiedenen Reibungskoeffizienten jeweils unterschiedliche Drehmoment / Drehzahl - Paarungen zugeordnet, wodurch in Abhängigkeit vom detektierten Untergrund der Arbeitspunkt der Kernbohrmaschine geregelt und somit
- 15 adaptiv an den jeweiligen Untergrund angepasst wird.

- Vorteilhaft ist der Regler im Vorschubmittel über eine bidirektionale optische Schnittstelle mit der Motorsteuerung zur Übertragung der Sensormesswerte und der optimalen Drehmoment / Drehzahl - Paarungen vom Regler verbunden, wodurch eine galvanische Trennung des mit dem Bohrständer mechanisch verbundenen Vorschubmittels vom üblicherweise
- 20 wassergekühlten Elektromotor realisiert ist.



- Im zugeordneten Verfahren zur Regelung einer Kernbohrmaschine mit einem Elektromotor zum drehenden Antrieb einer Kernbohrkrone wird im Wesentlichen in einem ersten Schritt ein von der Leistung des Elektromotors abhängiger erster Regelparameter mit einem Sensor erfasst, dieser Regelparameter in einem zweiten Schritt von einem Regler ausgewertet und
- 25 in einem dritten Schritt vom Regler ein Vorschubmittel für die Kernbohrkrone gesteuert, wobei im ersten Schritt zusätzlich ein von der Anpresskraft abhängiger zweiter Regelparameter mit einem Kraftsensor erfasst wird, im zweiten Schritt vom Regler aus dem ersten und dem zweiten Regelparameter ein zum Reibungskoeffizienten eindeutiger Regelparameter ermittelt und dieser im dritten Schritt zur Steuerung des Vorschubmittels
- 30 verwendet wird.

Vorteilhaft wird im dritten Schritt zusätzlich eine Motorsteuerung des Elektromotors mit dem Regelparameter gesteuert, weiter vorteilhaft bezüglich zumindest zwei verschiedenen Arbeitspunkten, welche auf der Motorkennlinie maximaler Leistung liegen.

o

Die Erfindung wird bezüglich eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert mit:

Fig. 1 als Kernbohrmaschine

Fig. 2 als Variante

Nach Fig. 1 weist eine Kernbohrmaschine 1 einen Elektromotor 2 zum drehenden Antrieb einer Kernbohrkrone 3 mit axial zu einem Werkstück 4 orientierten, ultraharten Schneiden 5 und ein Vorschubmittel 6 mit einem Regler 7 zur Regelung des Vorschubs der Kernbohrkrone 3 gegen das Werkstück 4 auf. Die Regelung erfolgt abhängig von einem vom untergrundspezifischen Reibungskoeffizienten  $\mu$  eindeutigen Regelparameter, der vom Regler 7 aus einer mit einem Sensor 8 im Strompfad des Elektromotors 2 erfassten elektrischen Leistung  $P$  sowie aus einer mit einem Kraftsensor 9 erfassten Anpresskraft  $F_N$  der Kernbohrkrone 3 ermittelt wird:  $\mu = P / ( 2 \pi n r F_N ) = M / ( r F_N )$ , mit  $\mu$ : Reibungskoeffizient;  $P$ : Leistungsaufnahme;  $M$ : Drehmoment;  $F_N$ : Normalkraft;  $r$ : Radius der Bohrkrone. Der Kraftsensor 9 ist als Piezokraftsensor ausgebildet und in einem Axiallagerbereich 10 einer Antriebswelle 11 der Kernbohrmaschine 1 angeordnet. Im als Mikrocontroller ausgebildeten Regler 7 sind tabellarisch mehreren verschiedenen Reibungskoeffizienten  $\mu_i$  jeweils unterschiedliche Drehmomente  $M_i$  bzw. Drehzahlen  $n_i$  zugeordnet. Der als frequenzumrichter gespeiste Asynchronmaschine mit grossem Feldschwächebereich ausgebildete Elektromotor 2 ist mit einer, mit dem Regler 7 im Vorschubmittel 6 steuerbar verbunden, Motorsteuerung 12 verbunden, die mehrere verschiedene Arbeitspunkte  $A_i$  des Elektromotors 2, welche auf der Motorkennlinie maximaler Leistung  $P_{max}$  liegen, elektronisch schalten kann. Im Regler 7 sind tabellarisch mehreren verschiedenen Reibungskoeffizienten  $\mu_i$  jeweils unterschiedliche Drehmoment / Drehzahl - Paarungen  $[ M_i / n_i ]$  zugeordnet.

Nach Fig. 2 ist in einer Variante der Kraftsensor 9' als Leistungssensor des Vorschubmittels 6 ausgebildet und im Strompfad eines Vorschubmotors 13 angeordnet. Der Regler 7 ist mit einem Eingabemittel 14 in Form eines Transponders verbunden, welcher ein an der Kernbohrkrone 3 angeordnetes Identifikationsmittel 15 mit dem Radius  $r$  der Bohrkrone abfragt. Der Regler 7 ist zudem über eine bidirektionale optische Schnittstelle 16 mit einem das Drehmoment  $M$  der Antriebswelle 11 messenden Sensor 8' sowie mit der Motorsteuerung 12 zur Übertragung der optimalen Drehmoment / Drehzahl - Paarungen  $[ M_i / n_i ]$  verbunden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Kernbohrmaschine mit einem Elektromotor (2) zum drehenden Antrieb einer Kernbohrkrone (3) mit axial zu einem Werkstück (4) orientierten Schneiden (5), einem Vorschubmittel (6) zur Erzeugung des Vorschubs der Kernbohrkrone (3) gegen das Werkstück (4) und mit einem Regler (7) zur Regelung entsprechend eines mit einem Sensor (8, 8') erfassten, zur elektrischen Leistungsaufnahme (P) bzw. dem Drehmoment (M) eindeutigen, ersten Regelparameters, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Kraftsensor (9, 9') zur Erfassung der Anpresskraft ( $F_N$ ) der Kernbohrkrone (3) als zweiten Regelparameter mit dem Regler (7) verbunden ist.
- 10 2. Kernbohrmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftsensor (9) als Piezokraftsensor ausgebildet ist und optional in einem Axiallagerbereich (10) einer Antriebswelle (11) angeordnet ist.
3. Kernbohrmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftsensor (9') als Leistungssensor des Vorschubmittels (6) ausgebildet ist.
- 15 4. Kernbohrmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (7) als Mikrocontroller ausgebildet ist.
5. Kernbohrmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (7) mit einem Eingabemittel (14) für den Radius (r) der Bohrkrone (3) verbunden ist, optional mit einem Transponder, welcher ein Identifikationsmittel (15) an der Kernbohrkrone (3) abfragt.
- 20 6. Kernbohrmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Regler (7) zu zumindest zwei verschiedenen Reibungskoeffizienten ( $\mu_i$ ) jeweils unterschiedliche Drehmomente  $M_i$  bzw. Drehzahlen  $n_i$  zugeordnet sind.
7. Kernbohrmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (2) mit einer, mit dem Regler (7) im Vorschubmittel (6) steuerbar verbunden, Motorsteuerung (12) verbunden ist, die zumindest zwei verschiedene Arbeitspunkte ( $A_i$ ) des Elektromotors (2), welche optional auf der Motorkennlinie maximaler Leistung ( $P_{\max}$ ) liegen, elektronisch schalten kann.
- 25

8. Kernbohrmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass im Regler (7) zu zumindest zwei verschiedenen Reibungskoeffizienten ( $\mu_i$ ) jeweils unterschiedliche Drehmoment / Drehzahl - Paarungen ( $[M_i / n_i]$ ) zugeordnet sind.

9. Kernbohrmaschine nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Regler (7) im Vorschubmittel (6) über eine bidirektionale optische Schnittstelle (16) mit der Motorsteuerung (12) verbunden ist.

10. Verfahren zur Regelung einer Kernbohrmaschine (1) mit einem Elektromotor (2) zum drehenden Antrieb einer Kernbohrkrone (3), wobei in einem ersten Schritt ein von der Leistung (P) des Elektromotors (2) abhängiger erster Regelparameter mit einem Sensor (8, 8') erfasst wird, dieser Regelparameter in einem zweiten Schritt von einem Regler (7) ausgewertet wird und in einem dritten Schritt vom Regler (7) ein Vorschubmittel (6) für die Kernbohrkrone (3) gesteuert wird, dadurch gekennzeichnet, dass im ersten Schritt zusätzlich ein von der Anpresskraft ( $F_N$ ) abhängiger zweiter Regelparameter mit einem Kraftsensor (9, 9') erfasst wird, im zweiten Schritt vom Regler (7) aus dem ersten und dem zweiten Regelparameter ein zum Reibungskoeffizienten ( $\mu$ ) eindeutiger Regelparameter ermittelt wird und dieser im dritten Schritt zur Steuerung des Vorschubmittels (6) verwendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass im dritten Schritt zusätzlich eine Motorsteuerung (12) des Elektromotors (2) mit dem Regelparameter ( $\mu$ ) gesteuert wird, optional bezüglich zumindest zwei verschiedenen Arbeitspunkten ( $A_i$ ), welche auf der Motorkennlinie maximaler Leistung ( $P_{max}$ ) liegen.

## ZUSAMMENFASSUNG

Ein Verfahren zur Regelung und eine Kernbohrmaschine (1) mit einem Elektromotor (2) zum drehenden Antrieb einer Kernbohrkrone (3) mit axial zu einem Werkstück (4) orientierten Schneiden (5), einem Vorschubmittel (6) zur Erzeugung des Vorschubs der Kernbohrkrone (3) gegen das Werkstück (4) und mit einem Regler (7) zur Regelung entsprechend eines mit einem Sensor (8, 8') erfassten, zur elektrischen Leistungsaufnahme (P) bzw. dem Drehmoment (M) eindeutigen, ersten Regelparameters, wobei zusätzlich ein Kraftsensor (9, 9') zur Erfassung der Anpresskraft ( $F_N$ ) der Kernbohrkrone (3) als zweiten Regelparameter mit dem Regler (7) verbunden ist.

10 (FIG.1)





Fig. 1

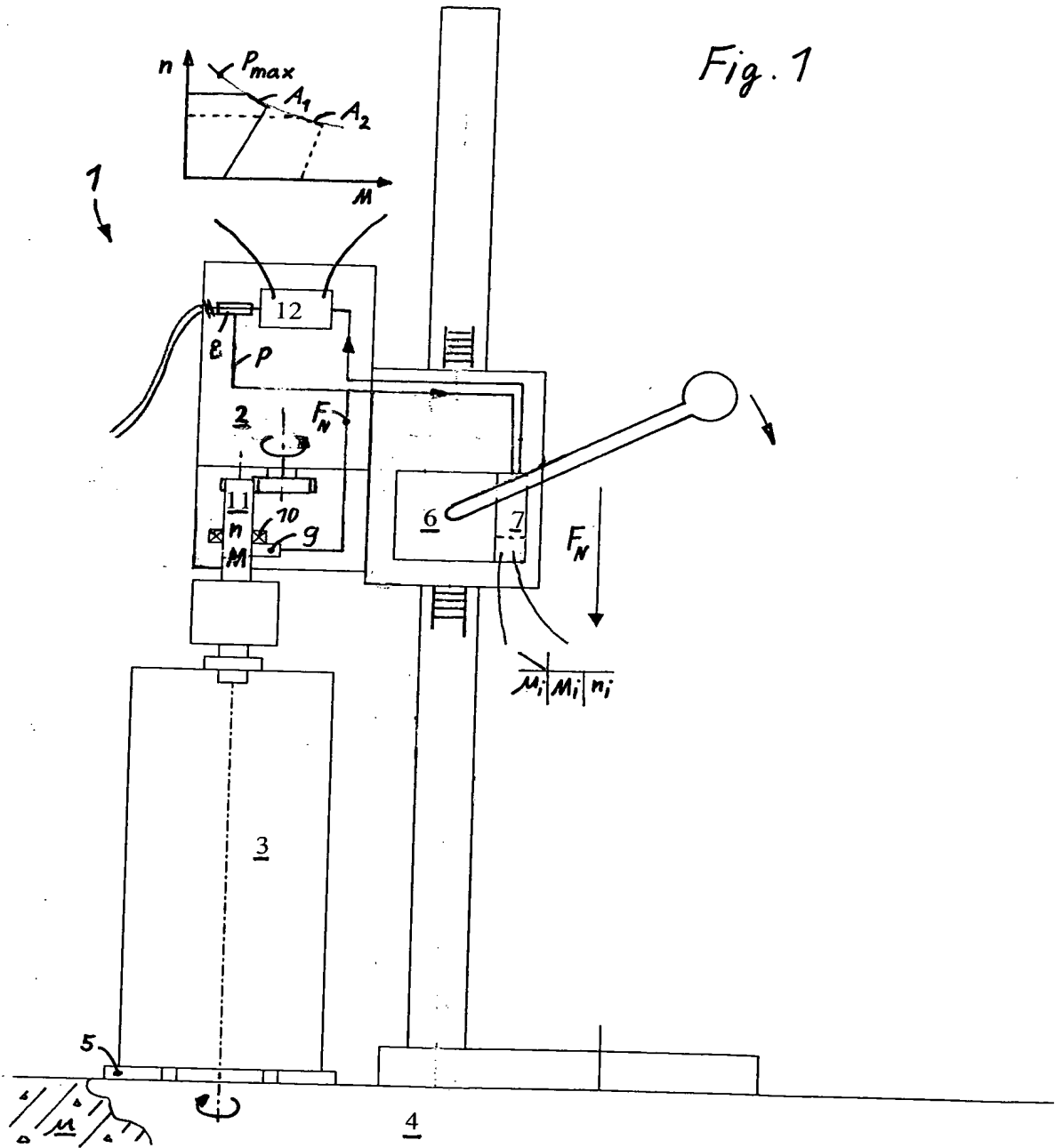


Fig. 2

